

SKRIPSI

**RANCANG-BANGUN SISTEM Pengereman Dinamik Motor DC
Magnet Permanen Untuk Mesin Kendaraan Listrik Ringan**



MUHAMMAD ADNAN

105821101417

MUHAMMAD YASIR MOH. YUNUS A.W.

105821100217

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

**RANCANG-BANGUN SISTEM Pengereman Dinamik Motor DC
Magnet Permanen Untuk Mesin Kendaraan Listrik Ringan**

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

MUHAMMAD ADNAN

105821101417

MUHAMMAD YASIR MOH. YUNUS A.W.

105821100217

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

07/02/2022

1 cap
Sub. M. Yunus

R/0611/ELT/22.4
ADN
"



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : RANCANG-BANGUN SISTEM PENEREMAN DINAMIK MOTOR DC MAGNET PERMANEN PADA MESIN KENDARAAN LISTRIK RINGAN

Nama : 1. Muhammad Adnan
2. Muhammad Yasir Moh. Yunus Abdul Wahab

Stambuk : 1. 105 82 11014 17
2. 105 82 11002 17

Makassar, 12 Februari 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Andi Faharuddin, S.T., M.T
NIP.132169986

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T
NIP. 0019086209

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Adriani, S.T., M.T.
NBM : 1044 202



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muhammad Adnan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11014 17 dan **Muhammad Yasir Moh. Yunus Abdul Wahab** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11002 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 29 Januari 2022.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar, 11 Rajab 1443 H
12 Februari 2022 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

b. Sekretaris : Suryani, S.T., M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

3. Adriani, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Andi Fajaruddin, S.T., M.T
NIP.132169986

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T
NIP. 0019086209

Dekan



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM
NBM : 795 108

**RANCANG-BANGUN SISTEM Pengereman Dinamik Motor DC
Magnet Permanen Untuk Mesin Kendaraan Listrik Ringan**

MUHAMMAD ADNAN

MUHAMMAD YASIR MOH. YUNUS A.W.

ANDI FAHARUDDIN (PEMBIMBING I)

ABDUL HAFID (PEMBIMBING II)

ABSTRAK

Salah satu jenis pengereman yang bisa diterapkan pada kendaraan listrik adalah pengereman dinamik. Skripsi ini bertujuan untuk mendesain dan merealisasikan purwarupa Sistem Pengereman Dinamik untuk kendaraan listrik ringan berpengerak motor DC, sekaligus memperoleh kinerja sistem tersebut. Alat ini telah dirancang dengan menggunakan komponen utama yang terdiri atas saklar dinamik berkapasitas 80 A 12 V, resistor dinamik dengan nilai 70 Ohm, lampu rem dengan daya 1,35 W, motor DC 12 V, serta panel pengendali. Pengujian dilakukan dengan beban motor sekitar 300 gram, menunjukkan bahwa SPD mampu menghentikan motor yang berputar dalam keadaan normal (sekitar 457 rpm) dalam waktu sekitar 0,1 detik. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penghentian motor tanpa pengereman (resistans takhingga), berhenti dalam waktu sekitar 0,4 detik dan penghentian motor dengan tombol rem (tanpa resistor) membutuhkan waktu 0,3 detik. Hal ini berarti ada waktu antara ketiga jenis penghentian motor, dimana kondisi tanpa pengereman menyebabkan motor berhenti lebih lambat 0,3 detik.

Kata kunci: Motor DC, Pengereman Dinamik, Resistor Dinamik

DESIGN DYNAMIC BRAKING SYSTEM DC MAGNET PERMANENT MOTOR FOR LIGHT ELECTRIC VEHICLE ENGINES

MUHAMMAD ADNAN

MUHAMMAD YASIR MOH. YUNUS A.W.

ANDI FAHARUDDIN (MENTOR I)

ABDUL HAFID (MENTOR II)

ABSTRACT

One type of braking that can be applied to electric vehicles is dynamic braking. This thesis aims to design and realize the prototype dynamic braking system for light electric vehicles driven by DC motors, while obtaining the performance of the system. This tool has been designed using the main components consisting of a dynamic switch with a capacity of 80 A 12 V, a dynamic resistor with a value of 1 Ohm, brake lights with a power of 1.35 W, a DC 12 V motor, and a control panel. Tests were conducted with a motor load of about 200 grams, showing that the SPD was able to stop the motor spinning under normal circumstances (about 457 rpm) in about 0.1 seconds. Test results also showed that the stop of the motor without braking (imperdible resistance), stopping in about 0.4 seconds and stopping the motor with a brake button (without resistors) took 0.3 seconds. This means that there is a time between the three types of motor stops, where conditions without braking cause the bike to stop 0.3 seconds slower.

Keywords: *DC Motor, Dynamic Braking, Dynamic Resistor*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul "RANCANG-BANGUN SISTEM PENEREMAN DINAMIK MOTOR DC MAGNET PERMANEN PADA MESIN KENDARAAN LISTRIK RINGAN".

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-I di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, S.T., M.T Selaku Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Andi Faharuddin, S.T.,M.T selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abdul Hafid, M.T selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
5. Bapak/Ibu Dosen serta Staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya angkatan 017 dan selembaga Fakultas Teknik yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya penulis harap semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca umumnya.

Makassar, 21 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERBAIKAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penelitian	5
BAB II DASAR TEORI	
A. Motor Listrik	6
1. Pengertian Motor Listrik	6
2. Fungsi dan Kegunaan Motor Listrik	6
3. Jenis-jenis Motor Listrik	7
B. Motor DC	7
1. Pengertian motor DC	7

2. Komponen utama motor DC	9
3. Kegunaan motor DC	11
4. Prinsip Kerja Motor DC	12
5. Bagian-bagian Motor DC	15
6. Jenis-jenis Motor DC	21
7. Relay	25
8. Resistor	26
C. Jenis-jenis Pengereman	27
D. Pengereman Dinamik	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Alat dan Bahan	29
C. Langkah Penelitian	31
D. Jadwal Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Perancangan Sistem Elektrik	34
A.1. Konfigurasi Sistem	35
A.2. Wiring Diagram	37
A.3. Foto Purwarupa SPD	38
B. Pengujian	39
B.1 Pengukuran kecepatan Nominal	40
B.2 Pengujian SPD	41
BAB V KESIMPULAN	54
A. KESIMPULAN	54
B. SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis Motor Listrik	7
Gambar 2.2 Motor DC	8
Gambar 2.3 Stator	9
Gambar 2.4 Jangkar/Rotor	9
Gambar 2.5 Komutator	10
Gambar 2.6 Brush	11
Gambar 2.7 Arus Listrik Dalam Medan Magnet	12
Gambar 2.8 Arus Medan Magnet Berlawanan	12
Gambar 2.9 Gaya Tenaga Putar H	12
Gambar 2.10 Aliran Arus Pada Komutator	13
Gambar 2.11 Daerah Kumparan Medan	14
Gambar 2.12 Konstruksi Kutub dan Penempatannya	16
Gambar 2.13 Sikat Motor DC	17
Gambar 2.14 Konstruksi Sebuah Komutator dari Motor Arus DC	18
Gambar 2.15 Komutator	19
Gambar 2.16 Kumparan Jangkar	20
Gambar 2.17 Motor DC Magnet Permanen	23
Gambar 2.18 Pensaklaran Pada Relay	25
Gambar 4.1 Diagram Balok Perancangan/Konfigurasi	36

Gambar 4.2 Wiring Diagram	38
Gambar 4.3 Rangkaian Ketika Motor Berputar Dengan Arah Tertentu	38
Gambar 4.4 Rangkaian Kontrol Pengereman Dinamik	39
Gambar 4.5 Foto Purwarupa SPD	39
Gambar 4.6 Rangkaian Ekuivalen Motor Yang Sedang Beroperasi Dalam Arah Putaran Tertentu	42
Gambar 4.7 Rangkaian Ekuivalen Pengereman Resistor Dinamik	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Normalisasi Jenis Lilitan.....	16
Tabel 2.2 Kelebihan dan Kelemahan PM.....	24
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	30
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	31
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kecepatan Nominal Rata-Rata motor.....	42
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan (V) Rata-Rata Pada Terminal Motor Saat Motor Berputar.....	44
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Waktu Pengereman.....	44
Tabel 4.4 Waktu Pengereman Pada Putaran Maju.....	50
Tabel 4.5 Waktu Pengereman Pada Putaran Mudur.....	51

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pengukuran Waktu Pada Putaran Maju.....	45
Grafik 4.2 Pengukuran Waktu Pada Putaran Mundur.....	46
Grafik 4.3 Waktu Pengereman Pada putaran Maju.....	51
Grafik 4.4 Waktu Pengereman Pada putaran Mundur.....	52



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global merupakan salah satu masalah lingkungan terpenting di masa sekarang, pemanasan global dapat dikaitkan melalui proses peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi. Kenaikan suhu tersebut disebabkan oleh radiasi matahari di atmosfer bumi, lalu sebagian cahaya tersebut diubah ke energi panas berupa sinar inframerah, yang diresap oleh udara dan permukaan bumi. Beberapa sinar inframerah dilepaskan di atmosfer lalu ditangkap oleh gas rumah kaca, sehingga suhu di bumi mengalami peningkatan. Gas rumah kaca berupa metana (CH_4) karbon dioksida (CO_2), dan nitrogen oksida (NO_x). Kontributor utama akumulasi gas-gas kimia ini di atmosfer adalah kegiatan manusia. Dalam keseharian, setiap orang terbiasa berpindah dari suatu tempat ke tempat lain dengan jarak dekat maupun jauh menggunakan kendaraan yang berbahan bakar fosil. Ketika bahan bakar fosil ini menyuplai panas dan memberi tenaga pada mesin, maka mesin akan melepaskan karbon dan polutan lainnya. Sehingga kualitas udara dan air akan menurun. Hal seperti ini terjadi setiap hari dalam berbagai jenis transportasi (darat, laut dan udara), dilakukan oleh jutaan orang di dunia secara bersamaan. Efek kendaraan bermotor inilah yang kemudian berakumulasi dan memerangkap panas di atmosfer.

Untuk meminimalisasi dampak pemanasan global, khususnya melalui penggunaan energi dari energi alternative untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak dan batubara. Emisi CO_2 yang terkumulasi di atmosfer

dihasilkan terutama oleh pembakaran bahan bakar fosil, kita tahu bahwa sebagian besar kendaraan/transportasi dan mesin industri menggunakan mesin yang menggunakan bahan bakar ini, oleh lantaran itu, salah satu solusi dibidang transportasi adalah kendaraan/mobil listrik. Kendaraan listrik dianggap teknologi yang ramah lingkungan, kendaraan listrik mampu meminimalisasi emisi gas rumah kaca sehingga bisa mengurangi jejak karbon dan menghemat lapisan ozon. Hal ini bisa membantu meminimalisasi pemanasan global yang banyak dipicu oleh polusi kendaraan. Bukan hanya itu, tekanan pada sistem kesehatan juga akan berkurang karena kualitas udara lebih baik.

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang menggunakan satu atau lebih motor listrik sebagai tenaga penggeraknya, salah satu komponen penting kendaraan listrik adalah rem. Kendaraan listrik apabila dibebani baik secara mekanik maupun secara elektrik arus yang dibutuhkan juga semakin besar. Semakin besar beban yang dibebankan pada motor, semakin besar pula arus yang dibutuhkan oleh motor. Bertambah besarnya arus yang mengalir pada motor, apabila telah melampaui batas kemampuan dari motor dan apabila hal ini dibiarkan terus menerus, maka akan menyebabkan kerusakan pada motor yang digunakan. Untuk mengantisipasi kerusakan motor akibat arus yang mengalir mencapai arus maksimal motor, maka sangat perlu pengereman motor.

Salah satu jenis pengereman yang bisa diterapkan pada kendaraan listrik adalah pengereman dinamik. Model pengereman dinamik energi pengereman terbuang menjadi energi panas pada resistor. Pengereman dinamik menghasilkan pengereman

yang halus dan tidak ada hentakan sehingga tidak menimbulkan kerugian. Dalam pengereman dinamik, lama waktu pengereman ditentukan oleh nilai resistor yang diberikan ke belitan stator dan kapasitas motor. Metode pengereman dinamik memiliki keuntungan antara lain kemudahan untuk mengatur kecepatan pengereman terhadap motor listrik DC. Pada tugas akhir ini kami melakukan pengujian pengereman secara elektromagnetik yaitu jenis pengereman dinamik pada kendaraan listrik ringan berpengerak motor DC.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana desain dan hasil realisasi sistem rem dinamik kendaraan listrik ringan berpengerak motor DC?
2. Bagaimana kinerja dari sistem rem dinamik tersebut, yang diperoleh dari pengujian?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk memperoleh desain dan bangunan rem dinamik kendaraan listrik ringan berpengerak motor DC.
2. Untuk memperoleh informasi kinerja dari sistem tersebut.

D. Batasan masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah kami fokus pada sistem pengereman dengan mesin 12 V dan daya maksimum 1008 Watt.

E. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan kita dapat:

1. menghasilkan purwarupa rem dinamik untuk kendaraan ringan; serta
2. mengetahui bagaimana merancang dan dapat memberikan referensi tentang waktu yang dibutuhkan dalam pengereman motor DC.

F. Sistematika Penulisan

BAB I

- Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan yang dilakukan dari hasil penelitian.

Bab II

- Pada bab ini dijelaskan tentang teori/konsep yang dapat mendukung judul penelitian ini.

BAB III

- Pada Bab ini dijelaskan mengenai kapan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, diagram blok/konfigurasi, langkah-langkah penelitian serta jadwal dilaksanakannya penelitian.

BAB IV

- Pada Bab ini dijelaskan mengenai hasil penelitian disertai dengan pembahasan dari hasil penelitian.

BAB V

- Pada Bab ini yaitu bagian akhir yang memuat mengenai kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang berkaitan dengan penelitian.

Daftar Pustaka

- Pada bagian ini memuat tentang identitas sumber referensi yang diperlukan dalam penelitian.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Motor Listrik

1. Pengertian Motor Listrik

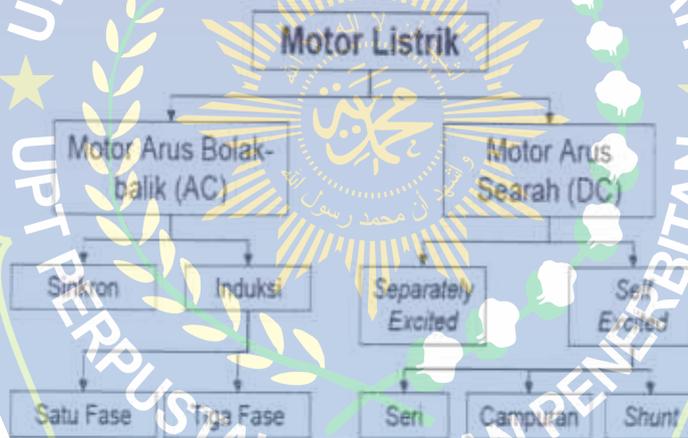
Menurut Suryatmo (1986) menyatakan bahwa motor listrik adalah suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Demikian juga sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasa disebut dengan generator atau dinamo. Pada motor listrik, energi listrik diubah menjadi energi mekanik. Perubahan ini terjadi dengan mengubah energi listrik menjadi magnet yang dikenal sebagai electromagnet. Seperti yang sudah kita ketahui, kutub magnet dengan nama yang sama tolak menolak dan kutub yang tidak sama saling tarik-menarik. Selama proses ini kita dapat mencapai gerakan jika kita menempatkan magnet pada sumbu yang berputar dan magnet lain pada posisi yang tetap.

2. Fungsi Motor Listrik

Menurut Suryatmo (1986) bahwa motor listrik dapat kita temukan di peralatan rumah tangga seperti: kipas angin, mesin cuci, *blender*, pompa air, *mixer* dan penyedot debu. Adapun motor listrik yang digunakan untuk kerja (industri) atau yang digunakan dilapangan seperti: bor listrik, gerinda, *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan lain-lain.

3. Jenis- Jenis Motor Listrik

Wijaya (2001) menyatakan bahwa jenis motor listrik yang ada saat ini beraneka ragam jenis dan tipenya. Motor listrik berdasarkan pasokan *input*, konstruksi, dan mekanisme operasi yang terangkum dalam klasifikasi motor listrik. Secara umum motor listrik ada 2 yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC. motor listrik AC dan motor listrik DC juga terbagi lagi menjadi beberapa bagian-bagian lagi. jika digambarkan maka akan terlihat seperti pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Jenis-jenis motor listrik

B. Motor DC

1. Pengertian Motor DC

Menurut Wijaya (2001) bahwa sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatis menggunakan gaya elektrostatis. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan

oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya. Motor listrik dan generator yang sering disebut sebagai mesin-mesin listrik.

Menurut Suryatmo (1986) bahwa motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak, tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor. Motor arus searah pada zaman dahulu (sebelum di kenal menghasilkan tenaga mekanik berupa kecepatan atau perputaran).

Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet maka akan timbul tegangan GGL (Gerak Gaya Listrik) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.



Gambar 2.2 Motor DC

2. Komponen Utama Motor DC

Menurut Suryatmo (1986) bahwa motor DC memiliki bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut :

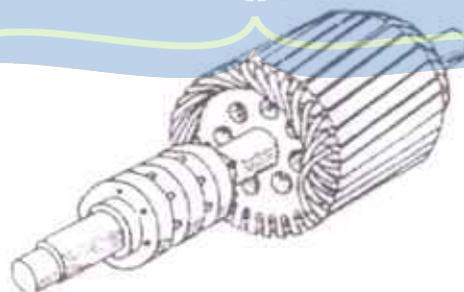
1) Stator Motor DC



Gambar 2.3 Stator

Stator adalah bagian yang berfungsi sebagai rangkaian magnetik yang mempunyai sepasang kutub medan yang terpasang pada bagian dalam *stator*.

2) Jangkar atau rotor motor DC



Gambar 2.4 Jangkar/rotor

Jangkar berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi gerak dalam bentuk gerak putar. Jangkar terdiri dari poros baja di mana tumpukan

keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti jangkar terdapat alur-alur dimana lilitan jangkar diletakkan.

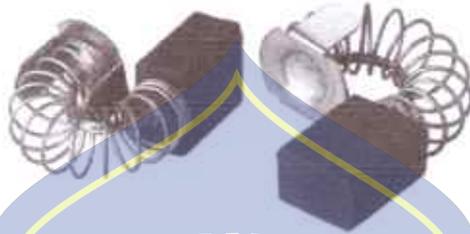
3) Komutator



Gambar 2.5 Komutator

Konstruksi dari komutator terdiri dari batangan tembaga yang dikeraskan (*drop forged*) yang diisolasi dengan sejenis mika. Fungsi komutator ini adalah mengumpulkan arus induksi dari konduktor jangkar dan mengkonversikan menjadi arus searah melalui sikat. Secara mekanik motor DC merupakan alat yang kompleks dan cenderung banyak persoalan. Sebagai contoh, kotoran pada komutator, dapat menghambat suplai listrik menuju jangkar. Beberapa jenis perawatan dibutuhkan pada saat menggunakan motor DC, pada beberapa pemakaian dengan lingkungan tertentu. Misalnya pada lingkungan asam, akan memunculkan karat yang dapat membahayakan.

4) Sikat (*Brush*)



Gambar 2.6 *Brush*

Sikat digambarkan pada gambar (2.6) terbuat dari karbon, *graphite*, logam *graphite* atau campuran karbon dan grafit yang dilengkapi dengan pegas penekanan dan konak sikatnya. Sikat biasanya dipasang dengan menumpangkannya pada sisi komutator untuk menyuplai listrik ke motor.

3. Kegunaan Motor DC

Menurut Sumanto (1994), motor DC memiliki kegunaan sebagai berikut:

- Dalam kehidupan sehari-hari di gunakan pada
 - a. Motor Stator Mobil
 - b. Tape Recorder
 - c. Pada Mainan Anak-Anak.
- Dalam bidang industri dan pabrik, digunakan pada
 - a. Traksi.
 - b. Elevator.
 - c. Conveyer.
 - d. Tram listrik
 - e. Untuk menggerakkan mesin-mesin produksi di pabrik.

4. Prinsip Kerja Motor DC

Menurut Effendi (1995) bahwa mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum adalah sebagai berikut :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.



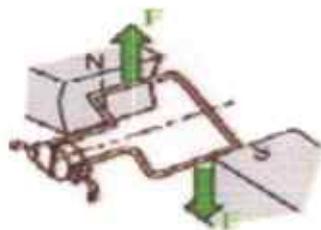
Gambar 2.7 Arus Listrik Dalam Medan Magnet

2. Ketika kawat yang membawa arus dibengkokkan sehingga menjadi sebuah lingkaran/loop, kedua sisi loop yaitu pada sudut kanan medan magnet akan menerima gaya dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2.8 Arus medan Magnet Berlawanan

3. Sehingga pasangan gaya memperoleh torsi untuk memutar kumparan.



Gambar 2.9 Gaya Tenaga Putar 11

4. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Menurut Effendi (1995) bahwa prinsip kerja dari motor DC adalah ketika arus mengalir melalui konduktor, medan magnet dibuat disekitar konduktor. Medan magnet hanya muncul disekitar konduktor ketika arus mengalir di konduktor ini. Arah medan magnet di tentukan oleh arah aliran arus dalam konduktor. Dpat dilihat pada gambar berikut:

Arah medan magnet
mengelilingi konduktor

Arah aliran arus
melewati konduktor

Gambar 2.10 Aliran Arus Pada Konduktor

Pada motor DC, area bermuatan dari kumparan medan menciptakan medan magnet yang mengelilingi kumparan jangkar dalam arah tertentu. Konversi energi listrik menjadi energi mekanik (motor), atau sebaliknya, berlangsung melalui medan magnet yaitu medan magnet selain penyimpan energi dan tempat berlangsungnya proses konversi energi. Terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.11 Daerah Kumparan Medan

Agar proses perubahan energi mekanik selesai, tegangan catu daya harus lebih besar dari tegangan kinetik yang disebabkan oleh reaksi balik. Ketika kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan diberi energi, motor berputar. Aturan Fleming tangan kiri digunakan untuk menentukan arah putaran motor. Kutub magnet menggunakan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet dengan empat jari memotong kawat konduktif yang membawa arus searah, bergerak ke arah ibu jari.

Gaya ini disebut gaya Lorentz dan besarnya sama dengan F . Prinsip motor terletak pada kenyataan bahwa dibawah pengaruh medan magnet, arus mengalir melalui penghantar dimana menghasilkan gerakan. Ketika arus yang mengalir melalui penghantar meningkat maka besarnya kekuatan gaya pada penghantar akan meningkat.

5. Bagian-bagian Motor DC

Menurut Suryatmo (1986) bahwa bagian-bagian motor DC dapat dilihat sebagai berikut:

1. Badan Mesin

Menurut Suryatmo dkk (1986) bahwa fungsi utama dari badan motor adalah sebagai bagian tempat untuk mengalirkan fluks magnet yang dihasilkan kutub-kutub magnet, karena itu badan motor dibuat dari bahan ferromagnetik. Disamping itu badan motor ini berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu dan melindungi bagian-bagian motor lainnya. Pada badan motor terdapat papan nama (*name plat*) yang bertuliskan spesifikasi umum. Papan nama bertujuan untuk menemukan beberapa hal terpenting yang perlu diketahui mesin/motor. Selain papan nama badan motor juga terdapat kotak hubung yang merupakan tempat ujung-ujung penguat magnet dan lilitan jangkar. Ujung-ujung lilitan jangkar ini tidak langsung dari lilitan jangkar tetapi merupakan ujung kawat penghubung lilitan jangkar yang melalui komutator dan sikat-sikat. Dengan adanya kotak hubung akan memudahkan dalam pergantian susunan lilitan penguat magnet dan memudahkan pemeriksaan kerusakan yang mungkin terjadi pada lilitan jangkar maupun lilitan penguat tanpa membongkar mesin. Untuk mengetahui ujung-ujung lilitan tersebut, setiap pabrik/Negara mempunyai normalisasi huruf tertentu, yang mana hal tersebut dapat dinyatakan dalam tabel 1 di bawah ini:

Jenis lilitan	VEMET	VDE	Amenka
1. Lilitan Jangkar	$B \cdot b$	$A \cdot B$	$A_1 \cdot A_2$
2. Lilitan penguat magnet			
a. Lilitan Shunt	$F \cdot f$	$C \cdot D$	$F_1 \cdot F_2$
b. Lilitan Sen	$S \cdot s$	$E \cdot F$	$S_1 \cdot S_2$
c. Lilitan terpisah	$E \cdot e$	$I \cdot K$	$F_1 \cdot F_2$

Tabel 2.1 Normalisasi Jenis Lilitan

2. Kutub Medan

Menurut Wijaya (2001) bahwa kutub medan terdiri dari sepatu kutub dan inti kutub. Sepatu kutub yang berdekatan dengan celah udara lebih besar dari badan inti. Fungsinya adalah untuk menahan kumparan medan pada tempatnya dan menyebarkan fluks magnet ke seluruh angker melalui permukaan melengkung dengan lebih baik.



Gambar 2.12 Konstruksi Kutub dan Penempatannya

3. Sikat-sikat

Menurut Wijaya (2001), sikat adalah jembatan arus yang mengalir melalui belitan jangkar. Tekan permukaan sikat terhadap permukaan segmen komutator untuk mendistribusikan arus. Sikat memainkan peran penting dalam generasi pergantian. Sikat terbuat dari bahan karbon dengan kekerasan yang berbeda-beda, ada yang terbuat dari campuran logam karbon dan tembaga. Sikat harus lebih lembut dari segmen komutator sehingga gerakan yang dihasilkan antara segmen komutator dan sikat tidak menimbulkan ausnya komutator.



Gambar 2.13 Sikat Motor DC

4. Komutator

Untuk mendapatkan tegangan DC, dibutuhkan penyearah yang biasa disebut komutator dan sikat. Fungsi komutator adalah untuk meningkatkan aliran arus dari konduktor jangkar sebagai komutator mekanis. Ini, bersama dengan sikat, menciptakan apa yang disebut komutasi. Komutator terdiri dari sejumlah segmen tembaga yang berbentuk lempengan-lempengan yang dirakit ke dalam silinder yang terpasang pada poros. Di mana tiap-tiap lempengan atau segmen-segmen komutator terisolasi dengan baik antara satu sama lainnya. Bahan isolasi yang digunakan pada komutator adalah mika.

Komutator yang digunakan dalam motor arus searah pada prinsipnya mempunyai dua bagian yaitu:

- 1) Komutator bar merupakan tempat terjadinya pergesekan antara komutator dengan sikat-sikat.
- 2) Komutator riser merupakan bagian yang menjadi tempat hubungan komutator dengan ujung dari lilitan jangkar.

Gambar 2.14 Konstruksi sebuah komutator dari motor DC

Keterangan:

- a. Segmen komutator
- b. Pemasangan komutator
- c. Susunan komutator

1. Komutator bar
2. Riser
3. Isolator
4. Poros
5. Ring pengunci
6. Baut
- 7.

Isolator yang digunakan yang terletak antara komutator yang satu dengan komutator yang lain harus dipilih sesuai dengan kemampuan isolator tersebut terhadap suhu yang terjadi dalam mesin. Jadi disamping sebagai isolator terhadap listrik, juga harus mampu terhadap suhu tertentu.

Berdasarkan jenis isolator yang digunakan terhadap kemampuan panas ini maka pada mesin listrik dikenal:

- a. Klas A : jika temperatur tinggi diijinkan 70°C (katun, sutera, kertas)
- b. Klas B : jika temperatur tinggi diijinkan 110°C (serat asbes, serat gelas)
- c. Klas H : jika temperatur tinggi diijinkan 185°C (mika, gelas, porselin, keramik).



Gambar 2.15 Komutator

5. Jangkar

Menurut Suryatmo (1986) bahwa jangkar (*armature*) terbuat dari bahan feromagnetik dan kumparan jangkar berada di daerah induksi

magnetic tinggi, yang dapat meningkatkan gaya gerak listrik induksi yang dihasilkan.

6. Lilitan Jangkar

Lilitan jangkar pada motor arus searah berfungsi sebagai tempat terbentuknya GGL lawan. Pada prinsipnya kumparan terdiri atas:

- 1) Sisi kumparan aktif, yaitu bagian sisi kumparan yang terdapat dalam alur jangkar yang merupakan bagian yang aktif (terjadi GGL lawan sewaktu motor bekerja).
- 2) Kepala kumparan, yaitu bagian dari kumparan yang terletak di luar alur yang berfungsi sebagai penghubung satu sisi kumparan aktif dengan sisi kumparan aktif lain dari kumparan tersebut.
- 3) Juluran, yaitu bagian ujung kumparan yang menghubungkan sisi aktif dengan komutator.



Gambar 2.16 Kumparan Jangkar

6. Jenis-Jenis Motor DC

Menurut Effendi (1995) bahwa motor DC diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu berdasarkan hubungan antara kumparan medan dan kumparan jangkarnya sebagai berikut:

1. Motor DC Sumber Daya Terpisah (*Separately Excited DC Motor*)

Pada Motor DC jenis ini dengan sumber daya terpisah, sumber daya untuk belitan medan terpisah dari sumber daya untuk kumparan angker pada rotor. Karena penambahan sirkuit dan kebutuhan sumber daya tambahan untuk menyediakan daya, motor DC jenis ini menjadi lebih mahal, sehingga jarang digunakan. Jenis ini pada umumnya digunakan untuk penelitian di laboratorium dan peralatan khusus.

2. Motor DC Sumber Daya Sendiri (*Self Excited DC Motor*)

Untuk motor DC jenis ini dapat dibagi lagi menjadi tiga jenis, yaitu motor DC tipe shunt, motor DC tipe seri dan motor DC tipe gabungan.

a. Motor DC Shunt (*Shunt DC Motor*)

Motor DC tipe Shunt merupakan motor DC yang kumparan medannya dihubungkan secara parallel dengan belitan jangkar. Motor jenis ini merupakan motor DC yang umum digunakan karena walaupun beban berubah (kecepatan menurun ketika torsi tertentu tercapai), kecepatannya menjadi hampir konstan. Karena kumparan medan dan kumparan jangkardihubungkan secara parallel, arus total adalah jumlah arus yang mengalir melalui kumparan medan dan arus yang mengalir melalui kumparan jangkar.

Kecepatan dapat dikontrol dengan menempatkan resistor secara seri dengan kumparan medan atau secara seri dengan kumparan jangkar. Jika resistor dipasang secara seri dengan kumparan medan maka kecepatannya akan berkurang, tetapi apabila resistor tersebut dipasang secara seri dengan kumparan jangkar maka kecepatannya akan meningkat.

b. Motor DC Seri (*Series Motor DC*)

Motor DC tipe seri adalah motor yang kumparan medannya dihubungkan secara seri dengan belitan jangkar. Pada sambungan seri ini, arus kumparan medan sama dengan arus kumparan jangkar. Kecepatan motor DC tipe seri ini berkurang dengan bertambahnya beban motor DC. Motor DC jenis ini berputar cepat dengan cara yang tidak terkendali dan tidak boleh digunakan tanpa beban terhubung.

c. Motor DC Gabungan (*Compound DC Motor*)

Motor DC tipe gabungan merupakan gabungan dari motor DC tipe shunt dan motor DC tipe seri. Motor DC jenis ini memiliki dua buah lilitan medan (*field winding*), masing-masing dihubungkan secara paralel dan seri dengan lilitan jangkar (*armature winding*). Dengan menggabungkan hubungan seri dan paralel, motor DC tipe gabungan ini memiliki karakteristik motor DC seri dengan torsi awal yang tinggi dan karakteristik motor DC shunt dengan kecepatan mendekati konstan. Motor DC tipe gabungan dapat dibagi lagi menjadi dua jenis, yang pertama adalah *Long Shunt Compound DC* motor dimana kumparan medan dihubungkan hanya secara paralel dengan kumparan angker dan yang kedua, *Short Shunt*

Compound DC Motor dimana kumparan medan dihubungkan secara paralel dengan kombinasi kumparan medan seri dan kumparan anker.

d. Motor DC magnet permanen

Wijaya (2001) menjelaskan bahwa motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Disebut dengan motor DC magnet permanen karena terdapat dua buah magnet permanen pada bagian *stator*nya atau bagian motor yang tidak berputar, serta terdapat lilitan yang terhubung dengan komutator mekanik melalui karbon *brush* pada rotornya atau bagian motor yang berputar. Pada motor DC magnet permanen dapat mengubah polaritas positif dan negatif pada tegangan sumber DCnya, maka dapat dengan mudah mengatur menggerakkan motor untuk dua arah putaran (*reversible*).



Gambar 2.17 Motor DC magnet permanen

Karakteristik utama PMDC antara lain :

- (1) Kurva torsi kecepatan garis lurus
- (2) Beroperasi kecepatan sedang 1.000-5.000 rpm
- (3) Efisiensi 60% - 70% (kecil kebesar)

- (4) Torsi pengasutan tinggi (8-10 kali torsi nominal)
- (5) Pengoperasian pada tegangan DC
- (6) Usia pakai 2.000 jam lebih
- (7) Tipikal konstruksi yang benar-benar tertutup.

Salah satu keunggulan motor PM adalah kecepatan operasi yang lebih rendah, membuatnya ideal untuk digunakan dengan peredam roda gigi dan memungkinkan untuk operasi yang jauh lebih tenang.

Kelebihan	Kelemahan
(a) Berfungsi dengan baik dengan <i>gearbox</i>	(a) Pemeliharaan tinggi karena sikat
(b) Beroperasi pada tegangan DC tanpa kontrol	(b) Kebisingan sedang karena sikat
(c) Pengaturan kecepatan dapat dicapai dengan kontrol yang murah	(c) Conging pada kecepatan rendah (kurang dari 300 rpm)
(d) Biaya rendah	(d) Kurang dari daya signifikan pada tegangan gelombang penuh
	(e) Torsi awal yang tinggi dapat merusak <i>gearbox</i>

Tabel 2.2 Kelebihan dan kelemahan PM

Kerapatan daya dari motor PM tidak tinggi. Dari sudut pandang perawatan, motor PM memiliki kepadatan sikat yang harus diperiksa dan diganti secara berkala untuk memaksimalkan umur motor. kurva kecepatan-torka yang umumnya linier untuk motor PMDC. Linearitas ini membuatnya sangat mudah untuk mengontrol torsi *output* motor hanya dengan memantau tarikan saat ini. Selain itu, motor PMDC memiliki kecepatan tanpa beban

Diagram alir diatas menjelaskan tentang proses perancangan dan pembuatan alat yang secara singkat uraiannya sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah

Langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah menentukan rumusan masalah yang akan diteliti, agar saat melakukan penelitian menjadi lebih mudah dalam memecahkan masalah.

2. Studi Pustaka

Setelah merumuskan masalah yang akan diteliti, maka dilakukan studi literatur dengan mengkaji atau mengumpulkan beberapa landasan teori, yang diambil dari buku-buku atau jurnal sebelumnya. Sehingga bisa membantu agar lebih fokus dengan masalah yang sedang diteliti.

3. Perencanaan

Merencanakan spesifikasi dari kontrol, yang nantinya akan dijadikan sebagai bahan untuk merancang kontrol yang sesuai dan layak diaplikasikan pada rancang bangun pengereman motor listrik DC.

4. Realisasi Alat

Langkah selanjutnya yaitu merealisasikan alat yang sesuai dengan perencanaan kontrol yang telah dibuat.

5. Pengujian Alat

Tujuan setelah tahap perancangan hingga tahap terciptanya sebuah alat maka tahap selanjutnya adalah pengujian alat.

6. Pengambilan Data

Setelah alat diuji coba maka dilakukan pengambilan data untuk mendapatkan hasil.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang-bangun beserta pengujian **Sistem Pengereman Dinamik (SPD)** motor DC magnet permanen yang digunakan sebagai mesin penggerak untuk kendaraan (mobil) listrik ringan, disajikan dalam bab ini. SPD ini secara garis besar terdiri atas bagian-bagian inti berupa saklar-dinamik (relai-dinamik), resistor-dinamik, motor DC beserta sistem pengendalinya. Sementara itu, pengujian terutama meliputi pengujian komponen utama serta pengujian sistem.

A. Rancang-Bangun Sistem Pengereman Dinamik

SPD ini terdiri atas komponen berupa saklar-dinamik, resistor-dinamik, lampu rem, motor DC, sistem proteksi arus-lebih, serta sistem pengendalinya. Bagian utama dari sistem pengendalinya terdiri atas panel kendali yang tombol rem dan lampu pilot/indikator status pengereman, tiga buah relai (A, B dan C), serta resistor dinamik. Diagram balok, *wiring diagram* dan foto dari SPD, secara berurut ditampilkan pada Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3.

3. Interlock SKAC & RD;

- Mengunci posisi OFF suplai daya ke ME, saat dilakukan pengereman.

4. Mesin/Motor

- Mesin penggerak kendaraan.

5. Saklar Daya RD 12 V, 80 A

- Sarana aliran daya ke beban / Resistor Daya RD.

6. Resistor Daya RD 10 ohm, 20 W

- Pembuang energi mekanis, secara elektris.

7. Tombol Rem

- Sebagai tombol pengereman dinamik.

8. Lampu Rem 1,35 W, 12 V

- Sebagai indikator pengereman.

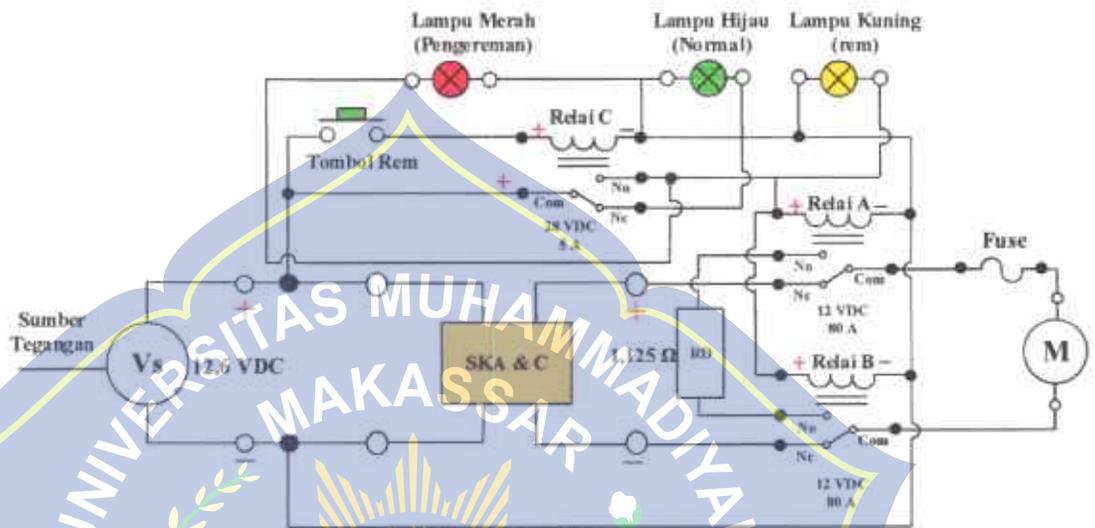
9. Lampu Pilot 12 V

- Sebagai indikator mesin motor.

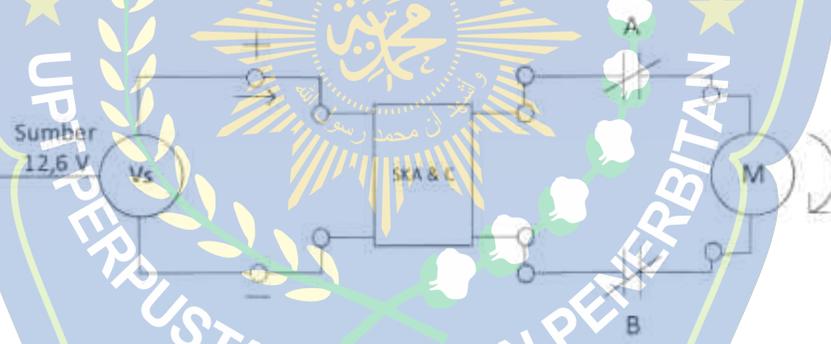
10. Fuse 7,5 A

- Pemutus arus listrik berlebih.

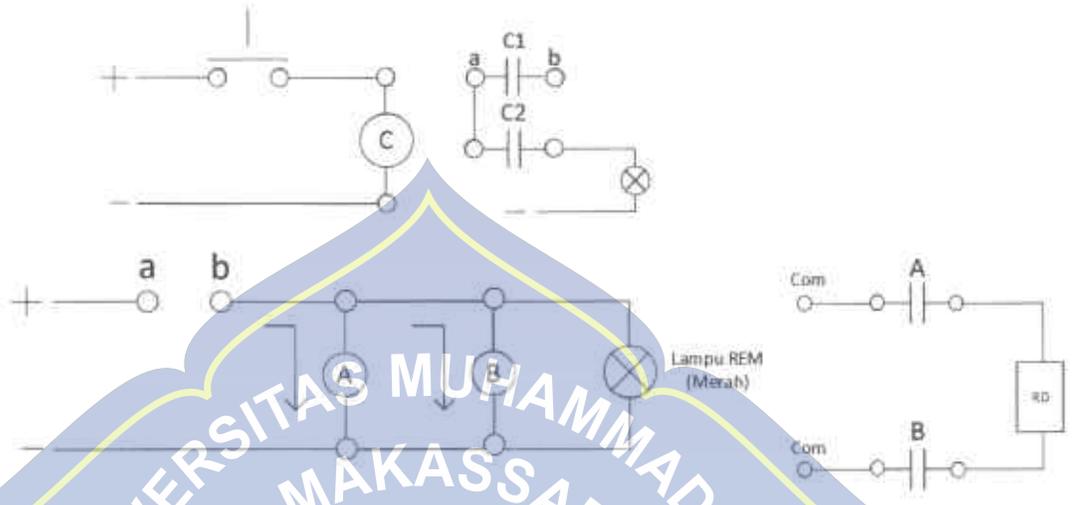
A.2. Wiring Diagram



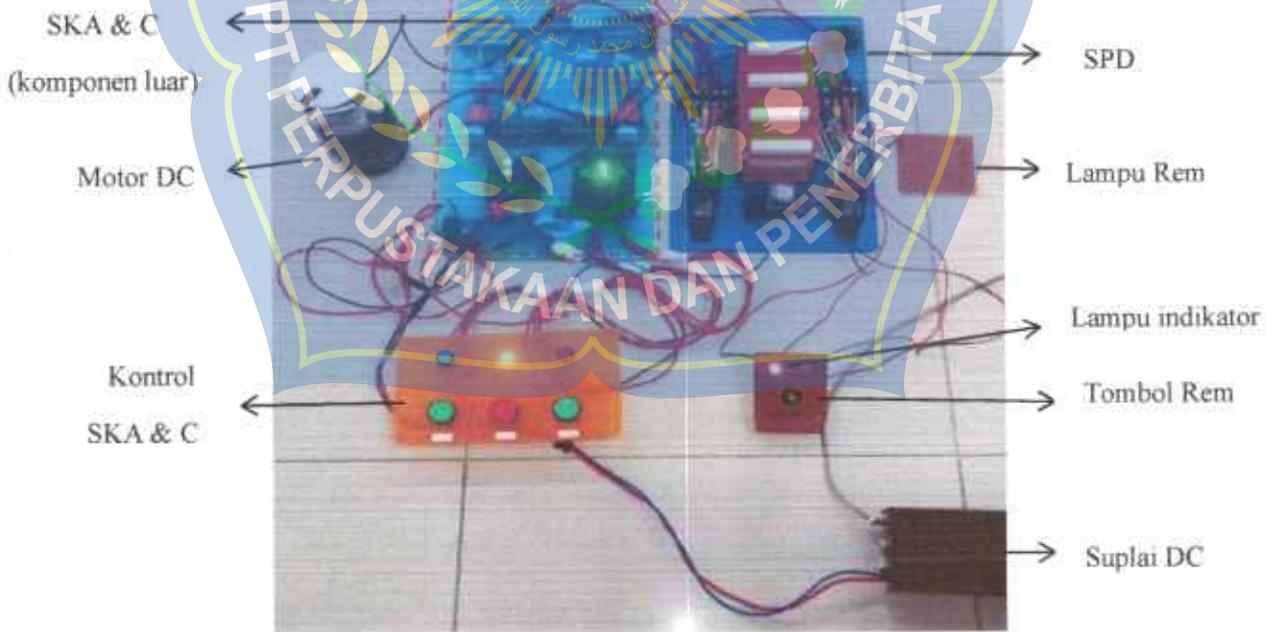
Gambar 4.2 Wiring Diagram



Gambar 4.3 Rangkaian ketika motor berputar dengan arah tertentu



Gambar 4.4 Rangkaian Kontrol Pengereman Dinamik



Gambar 4.5 Foto purwarupa SPD

A.3. Resistor-Dinamik (RD)

Pada tahapan perancangan sistem elektrik yaitu sistem pengereman dinamik motor listrik DC magnet permanen adalah tahapan yang sangat penting karena sebuah motor listrik membutuhkan sistem pengereman karena apabila motor diberikan beban yang besar maka diperlukan pengereman agar tidak terjadi kerusakan pada motor.

Oleh karena itu maka proses perancangan sistem ini dengan menyesuaikan kondisi perangkat dan tempat yang tersedia. Hal ini perlu dipertimbangkan agar proses perakitan lebih mudah nantinya. Adapun macam-macam perangkat yang digunakan pada motor DC magnet permanen, sumber tegangan, relai daya, terminal blok, soket, PCB, lampu LED, resistor daya, kabel, dll.

Penentuan ukuran resistor daya untuk pengereman dinamik dengan menggunakan 2 kali arus nominal pada motor dan tegangan penuh sumber. Adapun nilai arus nominal adalah 5,6 A dan tegangan penuh sumber adalah 12,6 V.

$$R = \frac{V}{2I}$$

$$R = \frac{12,6}{2(5,6)}$$

$$R = \frac{12,6}{11,2}$$

$$R = 1,125 \Omega$$

Jumlah resistor daya yang akan digunakan pada rangkaian dengan membuat rangkaian paralel agar menghasilkan nilai $\leq 1,125 \Omega$, Adapun resistor daya yang digunakan berjumlah 10 buah resistor daya dengan nilai kapasitas 1 buah resistor daya adalah 10Ω dan 20 W .

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{10}{10}$$

$$10R_p = 10$$

$$R_p = \frac{10}{10}$$

$$R_p = 1 \Omega$$

B. Pengujian

Untuk melakukan pengukuran pada sistem ini dibutuhkan alat ukur yang sesuai dengan parameter (besaran) yang akan diukur. Parameter yang diukur yaitu kecepatan putaran motor (RPM), sehingga alat ukur yang digunakan adalah tachometer.

Pengukuran yang akan dilakukan adalah:

1. Pengukuran kecepatan nominal
2. Pengujian SPD.

B.1. Pengukuran kecepatan nominal

Motor yang beroperasi dalam arah tertentu, tersuplai dari sumber V , diperlihatkan dalam bentuk diagram ekuivalen pada Gambar 4.4 Motor disuplai oleh sumber tegangan, melalui penghantar,, sehingga ia berputar dengan kecepatan dan arah tertentu.



Gambar 4.6 Rangkaian ekuivalen motor yang sedang beroperasi dalam arah putaran tertentu

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran kecepatan nominal motor (RPM).

No	Arah putaran	Kecepatan Putaran Motor Ketika Keadaan Normal (RPM)	
			Rata-rata
1.	Maju	1) 454,5 rpm	457,3 rpm
		2) 458,2 rpm	
		3) 459,2 rpm	
2.	Mundur	1) 453,7 rpm	457,1 rpm
		2) 458,3 rpm	
		3) 459,3 rpm	

Hasil pengujian berupa nilai putaran motor tersajikan dalam Tabel 4.1 Nilai kecepatan putaran pada prinsipnya diukur dalam kedua arah gerak yaitu arah putaran maju dan arah putaran mundur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kecepatan putaran nominal yang identik yaitu berada di sekitar 457 rpm.

B.2. Pengujian SPD.



Gambar 4.7 Rangkaian Ekuivalen Pengereman Resistor Dinamik

Rangkaian ekuivalen dari kondisi pengereman dinamik, diperlihatkan dalam pada Gambar 4.5. Motor yang pada kondisi awal disuplai oleh sumber tegangan, melalui penghantar, secara serta-merta diputuskan dari suplai tegangan, dan kemudian, terminal motor dihubungkan ke resistor dinamik dengan nilai tertentu. Kondisi tersebut menyebabkan mengalirnya arus ke resistor dan pada saat yang sama menghasilkan efek torsi lawan terhadap arah putaran rotor. Hal ini yang pada akhirnya mengurangi putaran motor sehingga terjadi pengereman dinamik.

Hasil pengujian berupa nilai putaran motor tersajikan dalam Tabel 4.2 Nilai kecepatan putaran pada prinsipnya diukur dalam kedua arah gerak yaitu arah putaran maju dan arah putaran mundur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kecepatan putaran nominal mengalami penurunan yang identik yaitu berada di sekitar 0 rpm.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran kecepatan putaran motor saat pengereman dinamik.

No	Arah putaran	Kecepatan Putaran Motor Saat Pengereman Dinamik	
			Rata-rata
1.	Maju	1). 0 rpm	0 rpm
		2). 0 rpm	
		3). 0 rpm	
2.	Mundur	1). 0 rpm	0 rpm
		2). 0 rpm	
		3). 0 rpm	

Hasil pengujian waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti dengan tiga kondisi, yakni penghentian dengan tombol rem dengan nilai resistansi dinamik yakni 1Ω , resistansi takhingga dan penghentian dengan tombol rem (tanpa resistor dinamik), disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengukuran Waktu Pengereman Motor

Resistor (Ohm)	t_1 (detik)	t_2 (detik)	t_3 (detik)	Keterangan
1	0,363	0,108	0,341	Motor berputar posisi maju dengan beban 200 gram
1	0,375	0,112	0,315	Motor berputar posisi mundur dengan beban 200 gram

Keterangan:

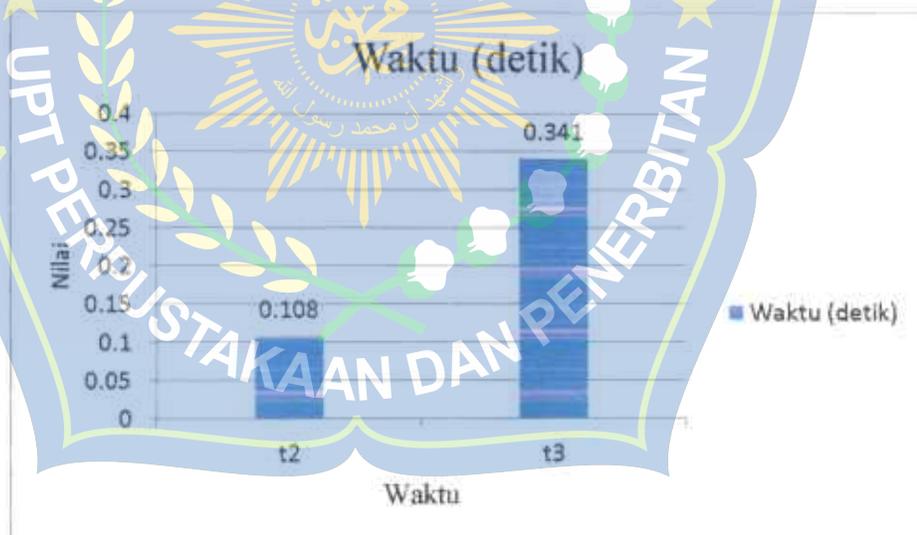
t_1 : durasi waktu motor berhenti dengan resistans takhingga

t_2 : durasi waktu motor berhenti dengan resistor dinamik.

t_3 : durasi waktu motor berhenti dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik)

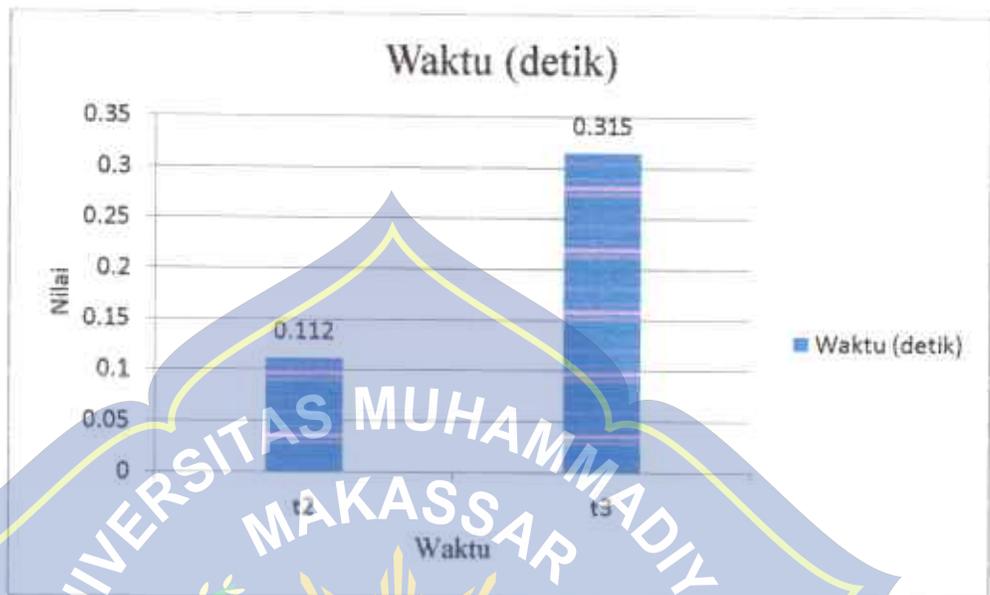
Tabel 4.3 menunjukkan bahwa penghentian motor dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik) membutuhkan waktu 0,341 detik pada putaran maju dan 0,315 detik pada putaran mundur. Sementara itu penghentian motor dengan pengereman dinamik membutuhkan waktu 0,108 detik pada putaran maju dan 0,112 detik pada putaran mundur. Hal ini menunjukkan bahwa nilai $t_1 > t_3 > t_2$

Grafik Pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk motor berhenti dengan dengan resistor dinamik dan tanpa resistor dinamik pada putaran maju dan mundur.



Grafik 4.1 Perbandingan waktu berhenti antara pengereman dinamik dan tanpa pengereman dinamik pada putaran maju.

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa penghentian motor pada putaran maju dengan penghentian motor dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik) sekitar 0,3 detik (0,341 detik) dan penghentian motor dengan pengereman dinamik membutuhkan waktu sekitar 0,1 detik (0,108 detik).



Grafik 4.2 Perbandingan waktu berhenti antara pengereman dinamik dan tanpa pengereman dinamik pada putaran mundur.

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa penghentian motor pada putaran mundur dengan penghentian motor dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik) sekitar 0,3 detik (0,315 detik) dan penghentian motor dengan pengereman dinamik membutuhkan waktu sekitar 0,1 detik (0,112 detik).

Setelah itu dapat dihitung Konstanta dan Waktu Pengereman secara teoritis dengan beban motor 0,2 kg. Maka massa beban motor adalah :

$$m = \frac{F}{a}$$

$$m = \frac{0,2 \text{ kg}}{9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 0,02 \text{ kg}$$

Lalu, menentukan inersia beban (J_L), dengan jari-jari beban motor yaitu 3,75 cm.

$$J_L = \frac{mr^2}{2}$$

$$J_L = \frac{0,02 \times (3,75 \times 10^{-2})^2}{2}$$

$$J_L = \frac{0,02 \times (3,75^2 \times 10^{-4})}{2}$$

$$J_L = 0,000014 \text{ kg.m}^2$$

Menentukan inersia total, dengan diketahui inersia rotor yaitu $1,1764 \text{ kg.cm}^2 = 1,1764 \text{ kg} \cdot (10^{-2} \text{ m})^2 = 1,1764 \text{ kg} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,0001764 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

$$J_T = J_R + J_L$$

$$J_T = 0,0001764 + 0,000014$$

$$J_T = 0,0001904 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Menentukan waktu T_0 pada putaran maju

$$P_1 = \frac{v^2}{R}$$

$$P_1 = \frac{12,6^2}{1}$$

$$P_1 = 20.876,94 \text{ W}$$

$$T_0 = \frac{J_T \times n_1^2}{131,5 \times P_1}$$

$$T_0 = \frac{J_T \times n_1^2}{131,5 \times P_1}$$

$$T_0 = \frac{0,0001904 \times 457,3^2}{131,5 \times 158,76}$$

$$T_0 = 0,0019 \text{ s}$$

Dengan, T_0 = waktu untuk kecepatan motor jatuh ke satu-setengah dari nilai sebelumnya (s)

n_1 = awal laju pengereman motor saat mulai (rpm)

P_1 = awal daya yang dikirim oleh motor ke pengereman resistor (W) dengan

$$\text{rumus } (P_1 = \frac{v^2}{R})$$

$$131,5 = \text{konstan (exact value} = (30 / p)^2 \log_e 2$$

Pendekatan Praktis untuk waktu pengereman pada putara maju

$$t = 5 T_0$$

$$t = 5 (0,0019)$$

$$t = 0,0095 \text{ s}$$

- Menentukan waktu T_0 pada putaran mundur

$$P_1 = \frac{v^2}{R}$$

$$P_1 = \frac{12,6^2}{1}$$

$$P_1 = 20.876,94 \text{ W}$$

$$T_0 = \frac{I_r \times n_1^2}{131,5 \times P_1}$$

$$T_0 = \frac{0,0001904 \times 457,1^2}{131,5 \times 158,76}$$

$$T_0 = 0,0019 \text{ s}$$

Dengan, T_0 = waktu untuk kecepatan motor jatuh ke satu-setengah dari nilai sebelumnya (s)

n_1 = awal laju pengereman motor saat mulai (rpm)

P_1 = awal daya yang dikirim oleh motor ke pengereman resistor (W) dengan

rumus ($P_1 = \frac{v^2}{R}$)

$$131,5 = \text{konstan (exact value} = (30 / p)^2 \log_e 2$$

Pendekatan Praktis untuk waktu pengereman

$$t = 5 T_0$$

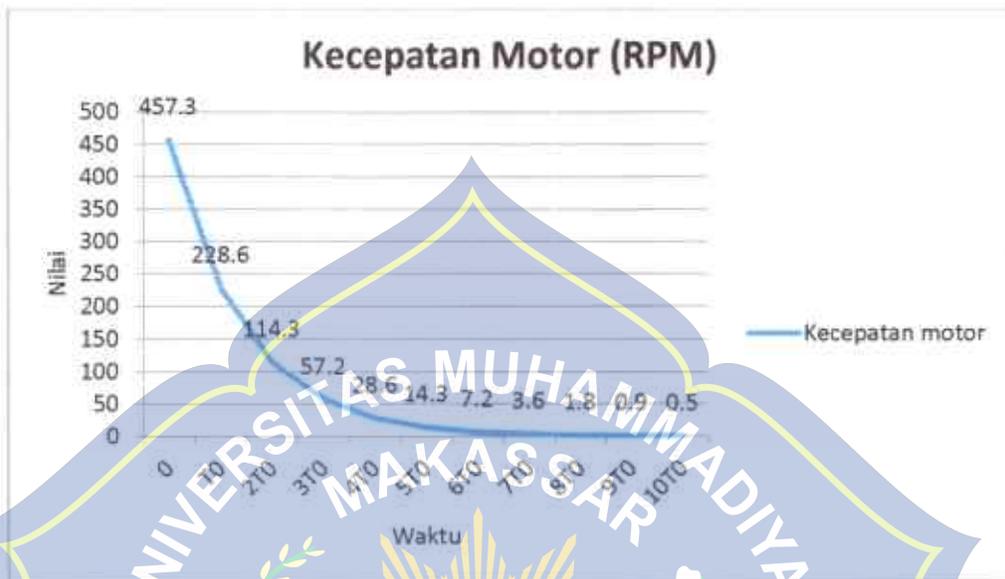
$$t = 5 (0,0019)$$

$$t = 0,0095 \text{ s}$$

Tabel 4.4 Waktu Pengereman pada putaran maju

T_0	n_1 (RPM)
0	457,3
T_0	228,7
$2T_0$	114,3
$3T_0$	57,2
$4T_0$	28,6
$5T_0$	14,3
$6T_0$	7,2
$7T_0$	3,6
$8T_0$	1,8
$9T_0$	0,9
$10T_0$	0,5

Pada tabel 4.4 motor yang kecepatan awalnya 457,3 mengalami penurunan kecepatan hingga setengah dari kecepatan sebelumnya, hingga mencapai kecepatan 0,5 rpm pada waktu $10T_0$.



Grafik 4.3 Waktu Pengereman pada putaran maju

Tabel 4.5 Waktu Pengereman pada putaran mundur

T ₀	n ₁ (RPM)
0	457,1
T ₀	228,6
2T ₀	114,3
3T ₀	57,1
4T ₀	28,6
5T ₀	14,3
6T ₀	7,1
7T ₀	3,6
8T ₀	1,8
9T ₀	0,9
10T ₀	0,5

Pada tabel 4.5 motor yang kecepatan awalnya 457,1 mengalami penurunan kecepatan hingga setengah dari kecepatan sebelumnya, hingga mencapai kecepatan 0,5 rpm pada waktu $10T_0$.



Grafik 4.4. Waktu Pengereman pada putaran mundur

Lalu dapat dihitung kemampuan disipasi daya pada resistor dengan menggunakan nilai pada resistor daya yang digunakan. Adapun kapasitas disipasi daya teoritis (nominal) Resistor-Dinamik yaitu 10Ω dan 20 W.

$$P = 10 \text{ buah resistor dinamik} \times 20 \text{ W}$$

$$P = 200 \text{ W}$$

Setelah itu dapat diketahui juga kemampuan disipasi daya ketika teraliri arus nominal motor. Adapun nilai arus nominal pada motor yaitu 5,6 A dan nilai dari 10 buah resistor daya yang sudah di paralel yaitu 1Ω .

$$P = 5,6^2 A \times 1 \Omega$$

$$P = 31,36 A \times 1 \Omega$$

$$P = 31,36 W$$

Dengan demikian, nilai disipasi daya pada RD (31,636 W), itu lebih kecil daripada kemampuan disipasi daya teoritis (200 W). Hal ini berarti bahwa desain RD, akan beroperasi dengan aman.

BAB V

KESIMPULAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancang-bangun SPD ini terdiri atas komponen utama: saklar-dinamik 80 A, 12 V; Relai panel/lampu stop 12 V, 5 A 28 V; resistor-dinamik 1 Ω dengan kemampuan disipasi daya 200 W; Lampu rem 1,35 watt; Motor 12 V, 15 A dan Power supply 12 V, 18 Ah.
2. Pengujian SPD menunjukkan bahwa penghentian motor dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik) membutuhkan waktu 0,341 detik pada putaran maju dan 0,315 detik pada putaran mundur. Sementara itu, penghentian motor dengan SPD, hanya membutuhkan waktu sekitar 0,1 detik.

B. SARAN

Pada pembuatan alat ini kami menyadari bahwa alat yang kami buat masih memiliki banyak kekurangan, sehingga saran maupun kritikan sangat penting dalam pengembangan alat ini agar dapat meningkatkan kinerja yang lebih baik.

Daftar Pustaka

Abdul Kadir, *Mesin Arus Searah*. Djambatan, Jakarta. 1984

Muhammad Hami Pradipta, Tedjo Sukmadi, dan Mochammad Facta, "*Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa*",

Metode Pengereman pada motor listrik <http://elektronikadasar.web.id/teori-elektronika/metode-pengereman-pada-motor>

Mochtar Wijaya. 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta. Djambatan.

Suryatno. 1986. *Teknik Listrik Arus Searah*. Bina Aksara Jakarta.

Sumanto. 1994. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta. Andi Offset.

Theodore Wildi. 2002. *Electric Machines Drives and Power Systems*. Prentice Hall.

Universitas Diponegoro Semarang, *Transient*, Vol. 3, No. 4, 2014, ISSN : 2302-9927,657

Usman Effendi. 1995. *Direct Current Machines*. PPPG Teknologi. Bandung.

BAB V

KESIMPULAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancang-bangun SPD ini terdiri atas komponen utama: saklar-dinamik 80 A, 12 V; Relai panel/lampu stop 12 V, 5 A 28 V; resistor-dinamik 1 Ω dengan kemampuan disipasi daya 200 W; Lampu rem 1,35 watt; Motor 12 V, 15 A dan Power supply 12 V, 18 Ah.
2. Pengujian SPD menunjukkan bahwa penghentian motor dengan nilai resistans takhingga (tanpa resistor dinamik) membutuhkan waktu sekitar 0,4 detik (0,363 detik saat motor berputar maju dan 0,375 detik saat motor berputar mundur), penghentian motor dengan menekan tombol rem (tanpa resistor dinamik) membutuhkan waktu 0,341 detik pada putaran maju dan 0,315 detik pada putaran mundur. Sementara itu, penghentian motor dengan SPD, hanya membutuhkan waktu sekitar 0,1 detik.

B. SARAN

Pada pembuatan alat ini kami menyadari bahwa alat yang kami buat masih memiliki banyak kekurangan, sehingga saran maupun kritikan sangat penting dalam pengembangan alat ini agar dapat meningkatkan kinerja yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Suryatmo. 1986. *Teknik Listrik Arus Searah*. Bina Aksara. Jakarta.
- Mochtar Wijaya. 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta. Djambatan.
- Sumanto. 1994. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta. Andi Offset.
- Usman Effendi. 1995. *Direct Current Machines*. PPPG Teknologi. Bandung.
- Abdul Kadir. *Mesin Arus Searah*. Djambatan, Jakarta. 1984
- Metode Pengereman pada motor listrik <http://elektronikadasar.web.id/teori-elektronika/metode-pengereman-padamotor>
- Muhammad Hami Pradipta, Tedjo Sukmadi, dan Mochammad Facta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa", Universitas Diponegoro Semarang, Transient, Vol. 3, No. 4, 2014, ISSN: 2302-9927,657

LAMPIRAN

Spesifikasi Motor menurut Referensi: YASKAWA MANUALS, HAL. 10.

Type		UGTMEM-01584	UGTMEM-01684	UGTMEM-01184	UGTMEM-03582	UGTMEM-03682	UGTMEM-02182	UGTMEM-05582	UGTMEM-06682	UGTMEM-08184	
Rated Output	W	15.4	20.5	18.5	Daya Luaran Nominal: 64,7 W					64.7	
Rated Torque	kg-cm	0.5	0.9	0.9						9.0	
Rated Speed	rpm	1000	1000	1000	Putaran Nominal: 700 rpm pd: 22,1 V					700	
Rated Armature Voltage	V	20.3	24.2	Teg. Nominal: 22,1 V					22.1		
Rated Armature Current	A	2.0	1.9	2.0	3.6	2.4	1.4	1.8	2.4	3.6	
Power Factor	cosφ	1.5	1.8	1.5	2.8	2.4	1.5	1.8	2.3	4.4	
Maximum Torque	kg-cm	1.2	2.0	2.4	3.6	2.4	1.5	1.8	1.3	2.5	
Maximum Armature Current	A	3.8	4.0	4.5	8.8	6.0	3.0	3.6	4.8	1.3	
Armature Inductance	kg-cm	0.0157	0.022	0.0265	0.252	Arus Maks. : 15 A					1.764
Armature Resistance	Ω (20°C)	3.2	3.7	3.0	1.09						1.03
Mechanical Time Constant	ms	4.1	3.8	3.8	8.5						7.4
Electrical Time Constant	ms	0.3	0.2	0.2	0.8	1.0	0.7	1.1	1.7	2.7	
Motor Weight	kg	0.22	0.28	0.26	1.10	1.30	1.30	1.40	1.70	2.30	
Dimensions in mm	L	74.5	84	93.5	118	132	140	128	133	156	
	LL	50.5	60	69.5	78	92	106	78	85	106	
	LA	30	30	30	50	50	30	40	40	60	
	LC	38	38	38	68	68	48	63	65	85	
	LB	16	16	16	25	25	25	25	30	30	

Foto Purwarupa SPD



1. Pengukuran tegangan luaran (V) saklar dinamik pada saat motor berputar

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran tegangan (V) saklar dinamik pada saat motor berputar

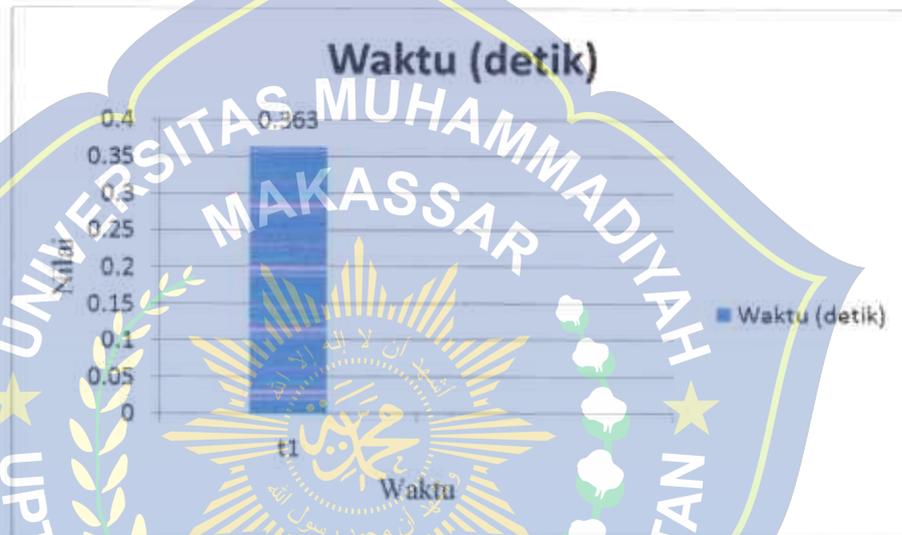
No	Jenis putaran	Tegangan (V) saat motor berputar	
			Rata-rata
1.	Maju	1) 12,4 V	12,5 V
		2) 12,5 V	
		3) 12,6 V	
2.	Mundur	1) 12,8 V	12,7 V
		2) 12,7 V	
		3) 12,6 V	
3.	Netral	1) 0 V	0 V
		2) 0 V	
		3) 0 V	

2. Pengukuran tegangan luaran (V) saat pengereman dinamik.

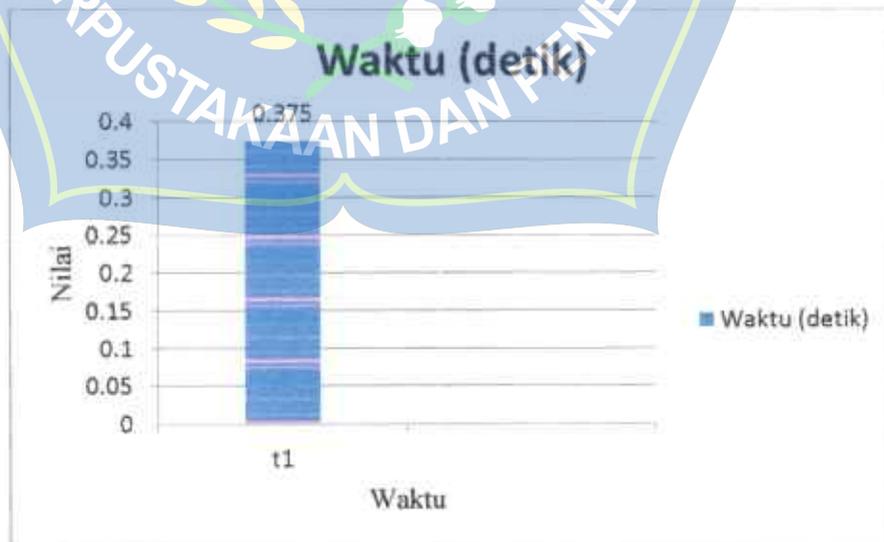
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran tegangan (V) saat pengereman dinamik.

No	Jenis putaran	Tegangan (V) saat Pengereman Dinamik	
			Rata-rata
1.	Maju	1) 0 V	0 V
		2) 0 V	
		3) 0 V	
2.	Mundur	1) 0 V	0 V
		2) 0 V	

		3) 0 V	
3.	Netral	1) 0 V	0 V
		2) 0 V	
		3) 0 V	



Grafik Waktu Penghentian Motor Dengan Resistans Takhingga Pada Putaran Maju.



Grafik Waktu Penghentian Motor Dengan Resistans Takhingga Pada Putaran Mundur.



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl. Sultan Alauddin, NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593; Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Muhammad Adnan / Muhammad Yasir Moh Yunus A.W

NIM : 105821101417 / 105821100217

Program Studi: Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10%	10%
2	Bab 2	22%	25%
3	Bab 3	9%	10%
4	Bab 4	5%	10%
5	Bab 5	5%	5%

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 25 Januari 2022
Mengetahui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


Nursinah S. Hum, M.I.P
NBM. 964 591



BAB I MUHAMMAD ADNAN
105821101417 / MUHAMMAD
YASIR MOH. YUNUS A.W.
105821100217
by Tahap Tutup

Submission date: 25-Jan-2022 09:21AM (UTC+0700)

Submission ID: 1747531350

File name: BAB_I_-_2022-01-25T102130.325.docx (21.94K)

Word count: 617

Character count: 3928

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Atma Jaya Catholic University of Indonesia Student Paper	3%
2	repository.upi.edu Internet Source	3%
3	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	3%
4	text-id: 23dok.com Internet Source	2%

Exclude quotes

Exclude matches

Exclude bibliography





Submission date: 26-Jan-2022 07:43AM (UTC+0700)

Submission ID: 1748215159

File name: BAB_II_-_2022-01-26T084441.666.docx (667.42K)

Word count: 2364

Character count: 14210

ORIGINALITY REPORT

22% SIMILARITY INDEX	22% INTERNET SOURCES	0% PUBLICATIONS	11% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------------------

PRIMARY SOURCES

1	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	4%
2	www.scribd.com Internet Source	4%
3	teknikelektronika.com Internet Source	4%
4	media.neliti.com Internet Source	3%
5	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	2%
6	123dok.com Internet Source	2%
7	repository.lppm.unila.ac.id Internet Source	2%
8	www.coursehero.com Internet Source	2%



BAB III MUHAMMAD ADNAN
105821101417 / MUHAMMAD
YASIR MOH. YUNUS A.W.



by Tahap Tutup

ission date: 25-Jan-2022 12:55PM (UTC+0700)

ission ID: 1747675473

ame: BAB_III_-_2022-01-25T135613.485.docx (34.66K)

count: 428

cter count: 2301

ORIGINALITY REPORT

9%	9%	0%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	digilib.iain-palangkaraya.ac.id Internet Source	5%
2	repository.uinbanten.ac.id Internet Source	2%
3	id.scribd.com Internet Source	2%

Exclude quotes Exclude matches
Exclude bibliography



BAB IV MUHAMMAD ADNAN
105821101417 / MUHAMMAD
YASIR MOH. YUNUS A.W.

105821100217

by Tahap Tutup

mission date: 24-Jan-2022 10:53AM (UTC+0700)

mission ID: 1746785918

name: BAB_IV_-_2022-01-24T115548.441.docx (617.19K)

count: 1224

character count: 6920

ORIGINALITY REPORT



PRIMARY SOURCES

1	ojs.udb.ac.id Internet Source	3%
2	pt.scribd.com Internet Source	2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches

2%



BAB V MUHAMMAD ADNAN
105821101417 / MUHAMMAD
YASIR MOH. YUNUS A.W.
105821100217
by Tahap Tutup

Submission date: 24-Jan-2022 10:53AM (UTC+0700)

Submission ID: 1746786355

File name: BAB_V_-_2022-01-24T115546.585.docx (31.86K)

Word count: 140

Character count: 762

ORIGINALITY REPORT

5%
SIMILARITY INDEX

5%
INTERNET SOURCES

0%
PUBLICATIONS

0%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 core.ac.uk
Internet Source

5%



Exclude quotes

Exclude matches

Exclude bibliography